

# 지하철 역사 및 전동차 광고물의 연소특성 조사

## Flammability case study of the subway investing materials

이덕희\* 이철규\*\* 경우성\*\*\* 김선옥\*\*\*\* 백민\*\*\*\*\* 조희기\*\*\*\*\*

Lee, Duck-Hee Lee, Cheul Kyu Jung, Woo-Sung Kim, Sun-ok Back, Min, Cho Hee ki

---

### ABSTRACT

In this study we investigated the materials which locate in the subway station and train cars. We checked the flammability of the materials such as the signboard, newspaper, wide color film etc. We reported some kind of the data such as oxygen index, optical smoke density, surface flame spread speed for that materials. We hope this data will be help to decide the guideline for such materials.

---

### 1. 서론

지하철 역사와 전동차 내에 사용되는 광고물은 대부분 가연성 물질로서 화재가 발생할 경우 화재를 확산시키는 주요 원인이 되고 있다는 우려가 많다. 그러나 이와 같은 우려에도 불구하고 광고물은 기본적으로 양호한 인화성능을 확보하여야 하므로 난연성 재질로 바꾸는 데는 어려움이 따른다. 2004년에 고시된 도시철도차량안전에 관한 규칙의 개정령에 의하면 광고물과 관련된 규정을 다음과 같이 제시하고 있다. “액자형 광고물, 광고물보호덮개, 광고물 지지대 등은 불연재료를 사용하여야 한다. 다만, 광고물의 성질상 불연재료를 사용할 수 없는 경우에는 제3항의 규정에 의한 재료를 사용할 수 있다” 이 규정에서는 의미하는 불연재료는 1항에 제시되어 있는 바와 같이 금속, 유리와 같은 무기질 재료와 ISO 1182 불연성 시험 기준에 합격한 재료 또는 ISO 4589-2 시험결과 산소지수 70이상인 재료를 의미한다.

제3항에서 의미하는 난연재료에 관해서는 “ISO 4589-2에 의하여 시험합 결과 산소지수가 24이상인 재료나, 한국산업규격 또는 국제적으로 인정된 시험방법에 의한 연소성 시험에 합격한 재료” 라로 규정하고 있다. 그런데 최근 광고물에 관한 이 규정을 광고물에 그대로 적용하려는 해석이 있는 듯하다. 광고물을 3항에서 제시된 난연재료 사용해야 한다는 주장이다. 광고물 재료에 대한 화재안전 기준의 필요성에는 공감하고 있지만 다른 재료에 대하여 규정된 난연기준을 특성이 다른 재료에 그대로 적용하기에는 무리가 따른다. 적절한 광고물 난연기준의 마련을 위해서는 현재 시장에서 사용되고 있는 광고물의 연소특성과 대체 가능한 재료에 대한 조사 분석 및 전체 화재 공간에서 광고물이 미치는 위험정도에 따라 요구되는 재료특성의 하한기준 등을 심도 있게 분석하여야 한다.

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원  
\*\* 한국철도기술연구원 주임연구원  
\*\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원  
\*\*\*\* 한국철도기술연구원 연구원

그런 과정이 없었으므로 본 연구에서는 현재 지하철역 및 전동차에 사용되고 있는 광고판을 몇 광고지, 광고보드 등에 대한 연소특성을 조사하였다.

## 2. 본론

### 2.1 지하철 역사 및 전동차내 광고물 사용현황

광고물은 연통형, 광고시영, 보드형 등이 사용되고 있다. 표1에 광고물과 종류에 따른 소재 및 특성을 나타내었다. 역사내에는 조명설비를 갖춘 하이드릴라이트형, 조명 크기의 원계열형, 스티커 형상, 가판대용 집적광고 형상 등이 사용되고 있으며 차량내부에는 중앙 일계보드 중이판과 측면 어드지, 벽면 및 도어용 스티커 광고 등이 사용되고 있다. 광고용 지지대는 일반적으로 스테인레스 스티일이나 알루미늄 불연재를 사용하나 위치와 파라시 폴리염화비닐(PVC) 수지 상도 사용되고 있다. 광고지 기재로는 투명 아크릴판, 폴리프로필렌(PP)판 등이 사용되고 있는 것으로 나타났다.

표 1. 광고물 종류에 따른 소재 및 특성

구분	종류	소재 및 특성
역사내 광고	광고물	플렉스 질사 글리콜, 하이드릴라이트형, PVC
	지지물	스테인리스
	지지대(등판)	목재 합판
차내 광고	광고물	액리지, 불연지
	지지대	알루미늄, 스테인리스
	담개 및 표시 의	PVC, PC, 아크릴, PET 등
	액자형광고 등판	발포PVC, MDF 판연

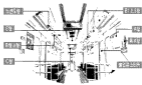


그림1. 차내 광고물 종류와 위치

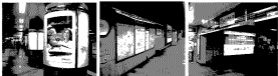


그림2. 역사내 광고물 종류와 사용위치(액자형 및 하이드릴라이트형)

## 2.2 광고물 종류에 따른 연소특성 조사

광고물의 종류에 따른 연소특성을 평가하기 위하여 연기밀도(ASTM E 662), 발열량(ISO 5660-1), 상온 산소지수(ISO 4589-2), 화염전파(ISO 5658-2), 연소가스 독성지수(BS 6858 Annex B2) 시험을 수행하고 그 결과를 정리하였다.

### 1) 연기밀도(ASTM E 662)

비교적 두께가 두껍고 합성수지를 사용하는 와이드칼라필름 및 걸게형 필름의 경우 연기농도 값이 최고 300~500 정도로 높게 나타났다. 접착식 필름의 경우에는 최고 연기밀도가 100이내의 값으로 평가되었다. 차량용 광고물에서는 대체로 연기 발생량이 30이내의 값이 나타났으나, 두꺼운 종이보드를 사용하는 천정형 걸게 보드의 경우는 100 내외의 값을 나타냈다. 그림3에 각 재료의 시간에 따른 연기밀도 특성을 나타내었다. 대부분의 광고물이 화염에 노출된 수초 이내에 연소가 시작되는 특징을 나타냈지만, 차량 걸게 보드의 경우 연기가 발생하는 시점이 60초 정도 이후로 나타나고 있어 현재 사용되는 재료에도 상당한 난연성이 있는 것으로 보인다. 연기발생량은 난연성을 높이는 처리에 의하여 늘어난 것으로 보인다. 기존 전통차에 사용되었던 불포화폴리에스테르 강화플라스틱(FRP)의  $D_s(4.0)$  값이 600~800 정도로 평가되었던 점과 비교하여 불만하다.

표 2. 광고물 연기밀도 시험결과

품명		연기밀도		
		$D_s(1.5)$	$D_s(4.0)$	$D_s(max)$
광고물	가판대용	65	96	157
	와이드칼라필름	297	472	472
	대합실접착시트	69	89	92
	차량내벽(천정)	3	11	28
	차량내벽(측벽)	3	4	8
	차량걸게보드	59	106	107
	중형걸게	313	294	320
광고커버	아크릴판	43	198	199

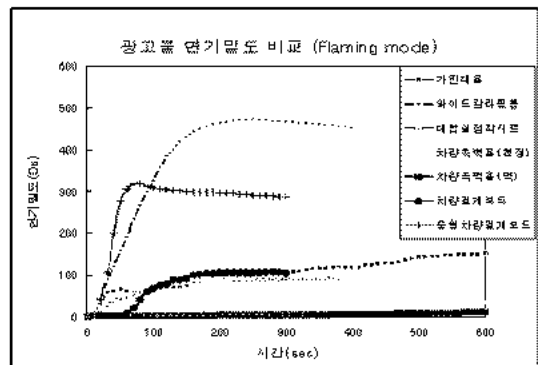


그림 3. 광고물 연기밀도 결과 비교

### 2) 발열량(Heat Release Rate, ISO 5660-1, 2)

최고 발열량의 경우 가판대 접착형 광고필름이 가장 높은 특성을 나타내었다. 평균 발열량의 경우 차량용 걸게보드 및 와이드칼라필름, 걸게필름, 대합실용 접착시트 등이 높은 값을 나타내었다. 아크릴커버는 광고물에 비하여 두 배 이상의 발열량을 가지는 것으로 나타났다. 콘칼로리미터로 평가한 총연기발생률(TSR)에서는 아크릴커버, 와이드필름, 중형걸게 필름 등의 순으로 평가되었으며 차량용 걸게보드는 챔버법으로 평가한 값에 비하여는 적은 값을 나타냈다.

표 3. 광고물 발열량 시험결과

품명		발열량			
		MLR	HRR	THR	TSR
광고물	가판대용	0.039	52.30	4.9	245.4
	와이드칼라 필름	0.053	63.39	5.6	520.7
	대합실접착시트	0.035	66.05	6.6	134.7
	차량내벽(천정)	0.019	21.64	1.5	-
	차량내벽(측벽)	0.020	16.06	1.0	2.9
	차량걸개보드	0.049	69.60	8.4	6.5
	중형걸개	0.061	65.59	5.3	512.1
광고커버	아크릴판	0.066	144.89	21.7	899.6

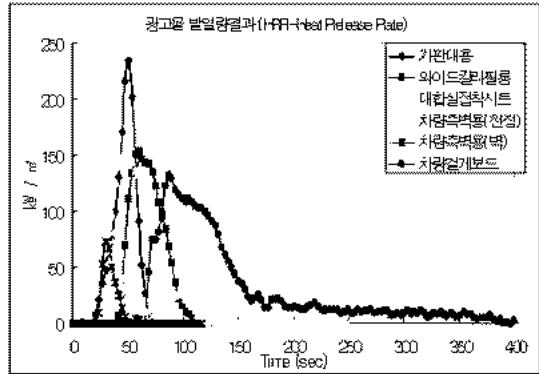


그림 4. 광고물 종류에 따른 발열량 비교

3) 산소지수(ISO 4589-2) 및 독성지수(BS 6853 Annex B.2)

산소지수 시험은 기본 재료의 난연성을 평가하는 고전적인 시험방법으로 널리 사용되어 왔다. 가판대용 접착광고 필름의 경우 표면 코팅층과 접착면의 특성으로 산소지수가 20.8로 가장 낮게 나타났으며, 차량걸개 보드의 경우 34.8의 비교적 우수한 난연성이 나타났다. 그러나 실제 차량이나 역사의 화재공간에서 나타나는 연소특성은 각 재료의 난연성뿐만 아니라 실제 사용되는 부착 특성에 더 영향을 받는다는 점을 주의하여야 한다. 접착형 광고필름의 경우는 표면 필름재가 독자적으로 연소하기 보다는 대부분 배면재의 특성을 따른다. 이러한 특성으로 100마이크로미터 이내의 박막형 접착필름의 경우는 산소지수 시험 값은 평가기준으로 크게 의미가 없다고 할 것이다.

표 4. 광고물 산소지수 및 독성지수

품명		산소지수 (LOI)	독성지수 (R)
광고물	가판대용	20.8	0.43
	와이드칼라필름	27.0	0.48
	대합실접착시트	26.3	-
	차량내벽(천정)	27.8	-
	차량내벽(측벽)	26.2	-
	차량걸개보드	34.8	0.52
	중형걸개	-	-
박막형 필름 (100µm이내)	20~22	-	
광고커버	아크릴판	-	0.81

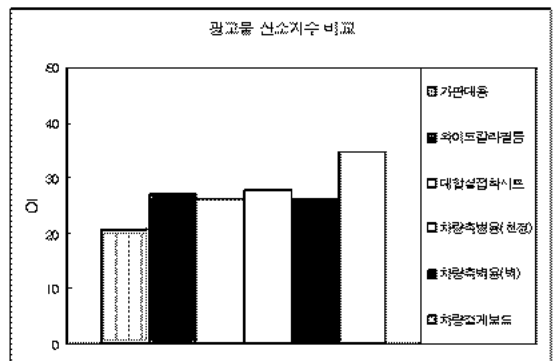


그림 5. 광고물 종류에 따른 산소지수 비교

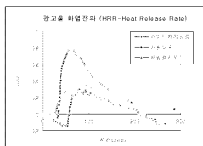
독성가스 분석은 콤팩트형으로 시편을 연소시켜 채취된 가스로부터 CO, CO<sub>2</sub>, NOx, SO<sub>2</sub>, HCl, HCN, HBr, HF의 연소가스를 정량 분석하여 기준값과 비교하; 저수와 방법을 사용한다. 연소가스 측정계수 분석 결과는 모든 종류의 제품에서 양호한 수준을 나타내는 것으로 평가되었다.

#### 4) 화염전파(ISO 5658-2)

수직형 화염전파 시험방법을 이용한 시험결과를 3.5와 3.6에 정리하였다. 3.7에; 화염전파 시험에서 나타나는 불꽃크기 및 연소 장면을 나타내었다. 가판대용 집라벨류의 경우 3.7에서와 같이 시편이 녹아 내리(dripping) 특성을 나타내었다. 예측했던 바와 같이 난연성이 높은 자광전계 모드가 연소거리(CFE)와 연소속도평가(Q<sub>50</sub>)에서 모두 가장 우수한 특성을 나타내었다. 최고 발열량에서는 와이드필름, 가판대필름, 자광 전계 모드 순으로 우수한 특성이 나타났다.

표 5. 광고물 화염전파 시험결과

종 류		화염전파		
		CFE	q <sub>50</sub>	Q <sub>50</sub>
광고물	가판대용	4	0.36	0.18
	와이드필름 전장	9.1	0.3	0.63
	자광전계 모드	18.2	0.78	0.98



3.7. 광고물 종류에 따른 화염전파 비교



3.7. 광고물 화염전파 시험결과 비교(좌:자광전계모드, 중:와이드필름전장, 우:가판대용집라벨류)

### 2.3 신문지 연소특성 조사

최근 지하철역사 공간에서 전동차 다음으로 주요 화재위험요인으로 평가되고 있는 것은 지하철에 점이다. 지하철점의 경우 약 10MW급의 화재부하를 가지고 있는 것으로 평가되고 있어 차량 다음으로 주요한 관리대상으로 주목받고 있다. 그림 8과 같이 전동차 내에 방치되고 있는 신문지의 경우 부가 화원이 될 수 있어 주의가 요망된다. 지하철점에서 주로 판매되고 있는 신문에 대한 화재특성을 우선 평가하여 보았다. 신문지의 경우 각 장의 연기 및 발연량은 그다지 높지 않은 것으로 나타났으나 중량 규모의 평가가 필요하다.

표 6. 신문지 연기열도 및 발연량 평가결과

종 명	연기열도			발연량			
	Ds (1.5)	Ds (4.0)	Ds (max)	MLR	HIRR	TIIR	TSR
신문지 (10장기 중)	66	77	79	0.04 0	51.5 1	5.1	-



그림8. 전동차내 신문지 방치상태

### 3. 결과고찰

현재 전동차 및 지하철 역사내에 사용되고 있는 광고용 필름, 아트지, 광고키버 등에 대하여 연기열도, 발연량, 산소지수, 독성지수, 화염전파 특성을 조사하였다. 광고 인쇄물의 경우는 난연성을 높이기 위해 난연 처리를 하는 경우 인쇄성능이 떨어지는 문제가 있어 난연성 기준 마련을 위하여 신중한 검토가 필요하다. 본 연구의 조사 사례가 향후 광고물 사용기준을 작성하는데 참조가 되기를 기대한다. 일반적으로 지하철에 사용되는 광고물은 단위 광고물의 사용량이 크지 않으며 연속으로 분포하지 않고 불연재에 부착하여 사용되는 특성이 있어서 실제 공간화재에 기여하는 위험도는 알려진 우리보다는 크지 않다고 보인다. 다만, 대형 필름 광고물과 차량용 직계 보드의 경우는 연소특성이 향상된 제품의 개발이 필요한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. ISO 5659-2, "Determination of optical density by a single-chamber test"
2. ASTM E 662, "Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials"
3. NFPA 130, "Fixed Guideway Transit System"
4. BS 6853, "Code of practice for fire precautions in the design and construction of passenger carrying trains"